

УДК 629.3+ 621.8+ 629.01

С. И. КРИВОШАПОВ

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ НЕРОВНОСТИ ДОРОГИ НА РАСХОД ТОПЛИВА

Проведен анализ учета состояния дороги в нормативно-правовой базе Украины. Рассмотрено взаимодействие колеса и подвески автомобиля с поверхностью реальной дороги. Получены аналитические зависимости потери энергии, мощности и расхода топлива от геометрических характеристик профиля дорожного полотна. Получены графические зависимости изменения нормы расхода топлива для разных параметров неровности дороги и скорости автомобиля. Даны рекомендации по совершенствованию методики нормирования расхода топлива на автомобильном транспорте, которые учитывают степень неровности дороги.

Ключевые слова: транспортное средство, расход топлива, условия эксплуатации, дорожные условия, подвеска автомобиля, нормирование, материальные ресурсы, коэффициент полезного действия, энергия, мощность.

Проведено аналіз обліку стану дороги в нормативно-правовій базі України. Розглянуто взаємодія коліс і підвіски автомобіля з поверхнею реальної дороги. Отримані аналітичні залежності втрати енергії і потужності та витрати палива від геометричних характеристик профілю дорожнього полотна. Отримані графічні залежності зміни норм витрати палива для різних параметрів нерівності дороги та швидкості автомобіля. Дані рекомендації щодо вдосконалення методики нормування витрати палива на автомобільному транспорті, які враховують ступінь нерівності дороги.

Ключові слова: транспортний засіб, витрата палива, умови експлуатації, дорожні умови, підвіска автомобіля, нормування, матеріальні ресурси, коефіцієнт корисної дії, енергія, потужність.

The state of roads in the country does not meet international and state requirements. Road conditions of the operation of cars are poorly taken into account in the regulatory framework of Ukraine. The quantitative indicators of the longitudinal profile of the road are not taken into account in the current method of fuel metering on road transport. The purpose of the work is to determine the effect of road profile parameters on fuel consumption. The interaction of the wheel and the suspension of the car with the surface of the actual road is considered. The analytical dependences of energy loss, power and fuel consumption on the geometric characteristics of the road surface are obtained. It is suggested to use the following indicators: the height of the uneven, the distance between the uneven, the degree of steepness of unevenness. The chassis of the car was characterized by: the force of friction in the springs, the coefficients of damping in the shock absorbers and tires, the stiffness of the tires. Two types of description of the irregularities were considered: the equations of harmonic and exponential. The graphic dependences of the fuel consumption rate change for different parameters of road irregularity and vehicle speed are obtained. Recommendations on perfection of the method of fuel valuation on motor transport are given, which take into account the degree of equality of the road.

Keywords: vehicle, fuel consumption, operating conditions, road conditions, vehicle suspension, rationing, material resources, efficiency, energy, power.

Введение. Автомобильный транспорт является основным потребителем жидкого топлива нефтяного происхождения. Количество машин в нашей стране увеличивается с каждым годом, приближаясь к рубежу в 10 млн. ед. В тоже время добыча ископаемого топлива постоянно сокращается. По данным [1] за год добыча нефти уменьшилась на 9,8 %, а газового конденсата – на 2,5 %. Однако увеличилась добыча природного газа на 0,5 %, но этот вид топлива не так распространен на транспорте.

В процессе движения автомобиль постоянно взаимодействует с окружающей средой. В первую очередь – это взаимодействие автомобиля с дорогой, поскольку без контакта колеса с опорной поверхностью движение автомобиля было бы не возможным. К сожалению состояния дорог не всегда идеального качества. Как указывается в статье [2] большая часть дорог на Украине с твердым покрытием не соответствует требованиям [3] из-за разрушения и образования неровностей. Более 23,8 % дорог вообще не имеют твердого покрытия.

Движение автомобиля по неровным дорогам приводит к чрезмерным перемещениям кузова и колес автомобиля, рассеиванию энергии и, как следствие, к повышенному расходу топлива. Но эти потери практически не учитываются при эксплуатации подвижного состава.

Анализ состояния проблемы. Министерство инфраструктуры Украины обязывает [4] предприятия, на балансе которых содержатся автотранспортные

средства, вести контроль за потребление горюче-смазочных материалов, в соответствии с приказом № 43 от 10 февраля 1998 года [5]. Данный нормативный акт предусматривает увеличение расхода топлива, если автомобиль эксплуатируется в сложных и сверхсложных условиях, под которым понимается: «работа в карьерах, езда по полям, на лесных или степных участках, по пересеченной местности ... в период сезонной распутицы, снежных или песчаных заносов, сильного снегопада и гололеда, паводков и других стихийных бедствий» [6]. На других дорогах общего пользования, вне зависимости от фактического состояния дорожного полотна, корректировка расхода топлива не предусмотрена.

Анализ последних исследований. Сложность дорожных условий эксплуатации необходимо оценивать определенными критериями. В работе [7] введены качественные параметры, характеризующие тип и расположение дороги, а в работе [8] используются количественные показатели: степень ровности дороги и коэффициент суммарного дорожного сопротивления.

Теоретические основы силового воздействия колеса на поверхность дороги заложены академиком Е.А. Чудаков [9]. Проф. Говорущенко Н.Я. [10] рассмотрел взаимодействия неровности дороги с динамической системой колеса и подвески автомобиля. В работе [11] рассмотрена система многоопорной подвески автомобиля. Силовое воздействие колеса и дорожной поверхности на

© С. И. Кривошапов. 2017

динамические качества и устойчивость автомобиля изложены в работах [12, 13]. В работе [14] предложена математическая модель, учитывающая потери в подвески при движении автомобиля по неровной и деформированной поверхности через дополнительную составляющую коэффициента сопротивления качению колеса.

Постановка задачи. Целью этого исследования заключается в использовании известных динамических моделей взаимодействия колеса с поверхностью дороги, по которым можно установить влияние параметров продольного профиля дороги на изменение расхода топлива.

Основной материал. В методике [5] увеличение расхода топлива учитывается коэффициентом:

$$Q = Q_0 \cdot (1 + 0.01 \cdot K_{\Delta}), \quad (1)$$

где Q_0 – базовая норма расхода топлива, л/100 км;

Q – скорректированная норма расхода топлива, л/100 км.

K_{Δ} – коэффициент корректирования, %.

Выразим корректирующий коэффициент. Тогда

$$K_{\Delta} = (Q/Q_0 - 1) \cdot 100. \quad (2)$$

В работе [15] предложена зависимость расчета расхода топлива в л/100 км:

$$Q_0 = \frac{100 \cdot N_{\Delta}}{H_n \cdot \rho_m \cdot \eta_a}, \quad (3)$$

где N_{Δ} – мощность, подведенная к дороге, кВт;

H_n – низшая теплота сгорания, кДж/кг;

ρ_m – плотность топлива, г/см³;

η_a – КПД автомобиля.

КПД автомобиля учитывает все виды потерь от двигателя до колес автомобиля. Согласно [15]:

$$\eta_a = \eta_i \cdot \eta_m \cdot \eta_{mp} \cdot \eta_k, \quad (4)$$

где η_i , η_m , η_{mp} , η_k – КПД индикаторный и механический ДВС, КПД трансмиссии и колеса, соответственно.

Допустим, что η_k учитывает потери в колесах автомобиля, когда автомобиль движется по ровной дороге. Когда автомобиль едет по неровной дороге, то в подвеске и колесах автомобиля часть мощности рассеивается. Введем дополнительный КПД η_{Δ} , который учтет эти потери. Тогда

$$\delta\eta_a = \eta_i \cdot \eta_m \cdot \eta_{mp} \cdot \delta\eta_k, \quad (5)$$

где $\delta\eta_a$ и $\delta\eta_k = \eta_k \cdot \eta_{\Delta}$ – скорректированные КПД автомобиля и колеса, соответственно.

Тогда расход топлива при движении по неровной дороге с учетом потерь в колесах и подвески автомобиля:

$$Q = \frac{100 \cdot N_{\Delta}}{H_n \cdot \rho_m \cdot \delta\eta_a} = \frac{100 \cdot N_{\Delta}}{H_n \cdot \rho_m \cdot \eta_a \cdot \eta_{\Delta}}. \quad (6)$$

Подставим в формулу (2) зависимости (3) и (6):

$$K_{\Delta} = (1/\eta_{\Delta} - 1) \cdot 100. \quad (7)$$

Дополнительный КПД η_{Δ} , можно рассчитать по формуле:

$$\eta_{\Delta} = N_{\Delta} / (N_{\Delta} + N_{\Delta}), \quad (8)$$

где N_{Δ} – мощность потерь в колесах и подвеске автомобиля, затраченную на преодоление неровностей дороги, Вт.

Подставим в формулу (7) зависимость (8). Тогда

$$K_{\Delta} = 100 \cdot N_{\Delta} / N_{\Delta}. \quad (9)$$

Мощность на колесах автомобиля может быть получена из баланса мощности, исключая составляющую потерь на сопротивление качению колеса, поскольку эти потери учитываются в КПД колеса η_k , т.е.

$$N_{\Delta} = N_i + N_w + N_j, \quad (10)$$

где N_i , N_w , N_j – соответственно, мощности на преодоление уклона дороги, сопротивления воздуха и на разгон или замедление автомобиля, Вт.

Составляющие баланса могут быть рассчитаны по известным из теории автомобилей формулам:

$$\begin{aligned} N_i &= G_a \cdot i \cdot V_a / 3.6; \\ N_w &= k \cdot \alpha_t \cdot B_a \cdot H_a \cdot V_a^3 / 3.6^3; \\ N_j &= 0.1 \cdot \delta \cdot G_a \cdot V_a / 3.6 \cdot dV_a / dt, \end{aligned} \quad (11)$$

где G_a – вес автомобиля, Н;

i – уклон дороги;

V_a – скорость автомобиля, км/ч;

k – коэффициент лобового сопротивления воздуха, Н·с²/м⁴;

α_t – коэффициент заполнения лобовой площади;

B_a – ширина автомобиля, м;

H_a – высота автомобиля, м;

δ – коэффициент учета вращающихся масс в трансмиссии.

При установившемся режиме движения, т.е. без учета замедления и ускорения, мощность N_{Δ} , подведенная к дороге, можно рассчитать по формуле

$$N_o = V_a \cdot (G_a \cdot i + k \cdot \alpha_t \cdot B_a \cdot H_a \cdot V_a^2 / 13) / 3.6. \quad (12)$$

Мощность потерь N_{Δ} колебательных процессов в подвески автомобиля определяется через энергию, затраченную системой за один цикл преодоления неровности дороги, т.е.

$$N_{\Delta} = E_{\Delta} / t, \quad (13)$$

где E_{Δ} – энергия потерь в подвеске, Дж;

t – время переезда через неровность, с.

Время цикла t связана с частотой возмущений ν , а зная расстояние между неровностями l_n и скорость движения V_a , может быть определена так

$$\begin{aligned} t &= 2 \cdot \pi / \nu; \\ \nu &= 2 \cdot \pi \cdot V_a / (3.6 \cdot l_n); \\ t &= 3.6 \cdot l_n / V_a, \end{aligned} \quad (14)$$

Выделяется [16] четыре составляющие энергии потерь: гистерезисные потери в шинах, преодоление силы трения в рессорах, гидравлические потери в амортизаторах и преодоление горизонтальной составляющей реакции дороги. Тогда

$$E_{\Delta} = E_{ш} + E_p + E_a + E_r, \quad (15)$$

где $E_{ш}$, E_p , E_a , E_r – энергия потерь по составляющим: в шинах, в рессорах, в амортизаторах, от горизонтальной реакции, Дж.

Для расчета составляющих энергии можно воспользоваться [16] следующими упрощенными зависимостями:

$$\begin{aligned} dE_r &= k_1 \cdot (q - x) \cdot \dot{q} \cdot dt; \\ dE_p &= R \cdot \dot{q} \cdot dt; \\ dE_a &= c \cdot \dot{q}^2 \cdot dt; \\ dE_{ш} &= c_1 \cdot \dot{q}^2 \cdot dt, \end{aligned} \quad (16)$$

В расчетах принимается, что возмущающее воздействие дорожного покрытия и относительное перемещение масс кузова и колес автомобиля имеют схожие характеристики. Параметры колес и подвески автомобиля являются постоянными.

Если принять, что возмущения неровностей дороги соответствует гармонической периодической функции вида

$$q = q_0 \cdot \sin(\nu t), \quad (17)$$

где q_0 – максимальная высота неровности дороги, м, то энергии потерь можно рассчитать по формулам:

$$E_{ш} = \pi \cdot q_0^2 \cdot c_1 \cdot \nu; \quad (18)$$

$$E_p = 4 \cdot R \cdot q_0;$$

$$E_r = E_a = \pi \cdot q_0^2 \cdot c \cdot \nu,$$

где c_1 – коэффициент затухания в шинах, Н·с/м;

R – сила трения в рессорах, Н;

c – коэффициент затухания амортизаторов, Н·с/м.

С учетом выражений (14), (15) и (18) мощность потерь N_{Δ} составит:

$$N_{\Delta} = 0.278 \cdot V_a / l_n \cdot (4 \cdot R \cdot q_0 + 5.48 \cdot V_a \cdot q_0^2 \cdot (2 \cdot c + c_1) / l_n). \quad (19)$$

Подставим в формулу расчета коэффициента корректирования (9) формулы (12) и (19). Тогда

$$K_{\Delta} = 400 \cdot \frac{R \cdot q_0 + 1.37 \cdot q_0^2 \cdot V_a / l_n \cdot (c_1 + 2 \cdot c)}{l_n \cdot (G_a \cdot i + k \cdot \alpha_t \cdot B_a \cdot H_a \cdot V_a^2 / 13)}. \quad (20)$$

Для примера, произведем расчет корректирующего коэффициента для автомобиля 3АЗ Sens при следующих исходных данных: $R = 20$ Н, $G_a = 10640$ Н, $\alpha_t = 0.85$, $B_a = 1.68$ м, $H_a = 1.43$ м, $c_1 = 280$ Н·с/м, $c = 1040$ Н·с/м, $k = 0.28$ Н·с²/м⁴, Примем следующие параметры продольного профиля дороги: $q = 0.02$ м, $l_n = 10$ м, $i = 0.01$. При скорости автомобиля 50 км/ч расход топлива из-за неровности дороги увеличиться на

$$\begin{aligned} K_{\Delta} &= 400 \cdot (20 \cdot 0.05 + 1.37 \cdot 0.05^2 \cdot 50 / 5) \times \\ &\times (280 + 2 \cdot 1040) / (5 \cdot (10640 \cdot 0.01 + \\ &+ 0.28 \cdot 0.85 \cdot 1.68 \cdot 1.43 \cdot 50^2 / 13)) = 1.27 \% \end{aligned}$$

Для принятых в примере условий коэффициент корректирования расхода топлива автомобиля 3АЗ Sens зависит от скорости автомобиля так:

$$K_{\Delta} = \frac{51.73 \cdot V_a + 160}{0.44 \cdot V_a^2 + 1064.4}. \quad (21)$$

На рис. 1 приведен график изменения расхода топлива от скорости движения. Максимальный расход топлива соответствует скорости 46,2 км/ч.

Если длину между неровностями уменьшить в два раза, то расход топлива при той же скорости увеличится на 4.9 %, а если еще уменьшить высоту неровности в два раза, то расход топлива возрастет уже на 19.4 %.

На рис. 2–3 приведены графические зависимости изменения расхода топлива от длины и высоты неровности дороги.

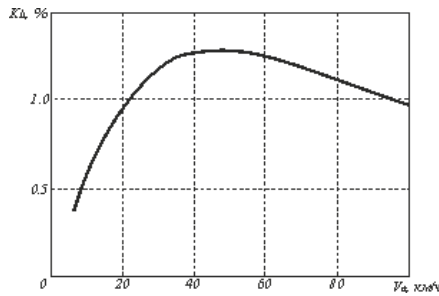


Рис. 1 – Влияние расхода топлива от скорости автомобиля:

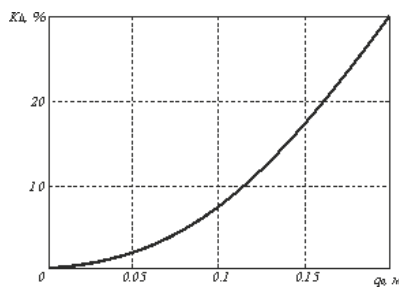


Рис. 2 – Влияние расхода топлива от высоты неровности дороги

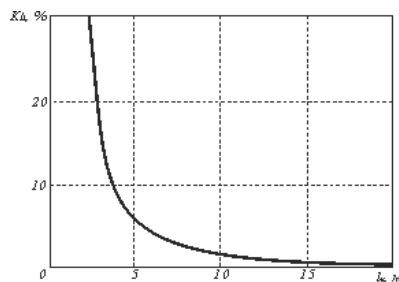


Рис. 3 – Влияние расхода топлива от длины между неровностями дороги

Если принять, что возмущения неровностей дороги соответствует единичной неровности вида

$$q = q_0 \cdot (1 - e^{-\alpha t}), \quad (22)$$

где α – коэффициент крутизны профиля неровности, то энергию потерь можно рассчитать по формулам:

$$\begin{aligned} E_{ш} &= 0.5 \cdot q_0^2 \cdot \alpha \cdot c_1 \cdot (e^{-2\alpha t} - 1); \\ E_p &= R \cdot q_0 \cdot (e^{-\alpha t} - 1); \\ E_a &= 0.5 \cdot q_0^2 \cdot \alpha \cdot c \cdot (e^{-2\alpha t} - 1); \\ E_r &= 0.5 \cdot q_0^2 \cdot k_1 \cdot (e^{-2\alpha t} - 1), \end{aligned} \quad (23)$$

где k_1 – жесткость колес, Н/м.

В формуле (23) под t понимаем – время движения автомобиля между двумя последовательными неровностями. Это время, также как и для периодических неровностей, можно рассчитать по формуле (13).

Получим выражение мощности потерь N_{Δ} для

случая переезда автомобиля через ступеньку.

$$N_{\Delta} = \frac{V_a \cdot q_0}{3600 \cdot l_n} \cdot \left(R \cdot (e^{-3.6 \cdot \alpha \cdot l_n / V_a} - 1) + 0.5 \cdot q_0 \times \right. \quad (24)$$

$$\left. \times (k_1 + \alpha \cdot c + \alpha \cdot c_1) \cdot (e^{-7.2 \cdot \alpha \cdot l_n / V_a} - 1) \right).$$

Подставим в формулу расчета коэффициента корректирования (9) формулы (12) и (24). Тогда

$$K_s = 0.1 \cdot q_0 \cdot \left(R \cdot (e^{-3.6 \cdot \alpha \cdot l_n / V_a} - 1) + \right. \quad (25)$$

$$\left. + 0.5 \cdot q_0 \cdot (k_1 + \alpha \cdot (c_1 + c)) \cdot (e^{-7.2 \cdot \alpha \cdot l_n / V_a} - 1) \right) /$$

$$\left(l_n \cdot (G_a \cdot i + k \cdot \alpha_t \cdot B_a \cdot H_a \cdot V_a^2 / 13) \right).$$

Произведем расчет корректирующего коэффициента для автомобиля ЗАЗ Sens при переезде автомобильного колеса через ступеньку, Коэффициент крутизны профиля неровности принимаем равным $\alpha = 1$ с, а жесткость колес $k_1 = 3.5 \cdot 10^5$ Н/м. Остальные показатели остаются такими же как в предыдущем примере. Тогда расход топлива из-за неровности дороги увеличиться на

$$K_s = 0.1 \cdot 0.05 \cdot (20 \cdot (e^{-3.6 \cdot 1 \cdot 50 / 50} - 1) +$$

$$+ 0.5 \cdot 0.05 \cdot (3.5 \cdot 10^5 + 1 \cdot (280 + 1040)) \times$$

$$\times (e^{-7.2 \cdot 1 \cdot 50 / 50} - 1) / (5 \cdot (10640 + 0.01 +$$

$$+ 0.28 \cdot 0.85 \cdot 1.68 \cdot 1.43 \cdot 50^2 / 13)) = 2.3 \%$$

На рис. 4 приведен графическая зависимость изменения расхода топлива от коэффициента крутизны неровности.

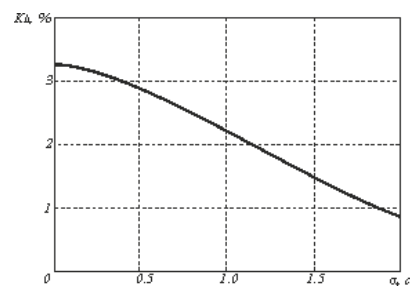


Рис. 4 – Влияние расхода топлива от коэффициента крутизны неровности

Если длину между неровностями уменьшить в два раза, а высоту увеличиться в два раза, то расход топлива возрастет уже на 23.4 %.

Выводы. Несмотря на то, что в методике грубо учтены процессы, возникающие в подвеске автомобиля при возмущающих воздействиях дороги, но выполненные исследования позволяют более конкретно охарактеризовать понятие «сложные дорожные условия», используемое в методике [1]. В отличие от похода в работе [17], здесь получены аналитические зависимости изменения расхода топлива от конкретных параметров продольного профиля дороги: высоты, длины и коэффициента

крутизны неровности, а также учтены конструктивные особенности автомобиля. Используя полученные зависимости можно получить корректирующие коэффициенты расхода топлива для всех типов дорог.

Список литературы

1. *Енергетична галузь України: Підсумки 2016 року (газовий сектор, нафта і нафтопродукти, вугілля, ринок електроенергії, енергоефективність, тарифоутворення в секторі комунальних послуг)* / Центр Разумкова. К.: Вид. "Заповіт", 2017. 164 с.
2. *Движение - смерть. В Украине разбиты 97 % дорог* / Корреспондент. URL: <http://korrespondent.net/business/economics/3675432-dvzhenye-smert-v-ukrayne-razbyty-97-doroh> (дата обращения: 10.02.2018).
3. *ДБН В.2.3-4-2000 Сооружения транспорта. Автомобильные дороги*. Киев: Госстрой Украины, 2000. 85 с.
4. *Лист Мінінфраструктури N 1928/25/10-16 від 26.02.2016 р. «Щодо деяких питань норм витрат палива»*. URL: <http://www.profiwins.com.ua/uk/letters-and-orders/transport/8861-1928.html> (дата обращения: 24.08.2017).
5. *Норми витрат палива і мастильних матеріалів на автомобільному транспорті*. Київ: Мінтранс України, 1998. 45 с.
6. *Порядок применения поправочных коэффициентов к нормам расхода топлива / Доход Расход*. URL: <http://buhgalter2011-afrika.blogspot.co.ke/2013/08/> (дата обращения: 24.08.2017).
7. Кузнецов, А.П. Болдин, В.М. Власов и др. *Техническая эксплуатация автомобилей / 4-е изд., перераб. и доп.* Москва: Наука, 2004. 535 с.
8. Говорущенко Н.Я. *Техническая эксплуатация автомобилей*. Харьков: Вища школа. Изд-во при Харьк. ун-те, 1984. 312 с.
9. Чудаков Е.А. *Качение автомобильного колеса*. Москва: Mashgiz, 1947.
10. Говорущенко Н. Я. *Теоретические основы эксплуатационных расчетов движения автомобилей на дорогах с различной степенью ровности* / Дис. ... д-р техн. наук. Харьков: ХАДИ, 1964. 348 с.
11. Ротенберг Р.В. *Подвеска автомобиля. Колебания и плавность хода*. Москва: Машиностроение, 1972. 392 с.
12. Подригало М.А., Волков В.П., Бобошко А.А., Павленко В.А. и др. *Динамика автомобиля*. Харьков: ХНАДУ, 2008. 426 с.
13. Клец Д.М. *Определение нормальных реакций на передних и задних колесах автомобиля при движении по неровной дороге*, *Вестник ХНАДУ*, Харьков: ХНАДУ, 2013, Вып. 61-62. С. 195-199.
14. Говорущенко Н.Я. *Экономия топлива и снижение токсичности на автомобильном транспорте*. Москва: Транспорт, 1990. 135 с.
15. Говорущенко Н.Я. Кривошапов С.И. *Новая методика нормирования расхода топлива транспортных машин (метод четырех КПД). Автомобильный транспорт*. Харьков: ХНАДУ, 2004, № 15. С. 31-34.
16. Говорущенко Н.Я., Туренко А.Н. *Системотехника транспорта (на примере автомобильного транспорта)*. Харьков: РИО ХГАДТУ, 1999. 468 с.
17. Кривошапов С.И. *Особенности нормирования расхода топлива в сложных дорожных условиях эксплуатации машин. Вісник НТУ «ХПІ»*. Кіркв, НТУ «ХПІ», 2015, № 10 (1119). С. 115-121.

References (transliterated)

1. *Energetichna galuz' Ukraini: Pidsumki 2016 roku (gazoviy sektor, nafta i naftoprodukti, vugillja, rinok elektroenergiї, energoeftivnist', tarifoutvorennja v sektori komunal'nih poslug)* [Energy sector of Ukraine: The results of 2016 (gas sector, oil and

- petroleum products, coal, electricity market, energy efficiency, tariff setting in the utilities sector)] / Centr Razumkova. K.: Vid. "Zapovit", 2017. 164 s.
2. *Dvizhenie - smert'. V Ukraine razbity 97 % dorog* [Movement is death. 97% of roads are broken in Ukraine] / Korrespondent. URL: <http://korrespondent.net/business/economics/3675432-dvzhenye-smert-v-ukrayne-razbyty-97-doroh> (data obrashhenija: 10.02.2018).
3. *DBN V.2.3-4-2000 Sooruzhenija transporta. Avtomobil'nye dorogi* [DBN B.2.3-4-2000 Transport facilities. Car roads]. Kiev: Gosstroj Ukrainy, 2000. 85 c.
4. *List Mininfrastrukturi N 1928/25/10-16 vid 26.02.2016 r. «Shhodo dejakih pitan' norm vitrat paliva»* [Letter of the Ministry of Infrastructure No. 1928/25/10-16 dated 26.02.2016 "On Certain Issues of Norms of Fuel Expenditures"]. URL: <http://www.profiwins.com.ua/uk/letters-and-orders/transport/8861-1928.html> (data obrashhenija: 24.08.2017).
5. *Normi vitrat paliva i mastil'nih materialiv na avtomobil'nomu transporti* [Norms of fuel and lubricants consumption in road transport]. Kiiv: Mintrans Ukraїni, 1998. 45 s.
6. *Porjadok primenenija popravocnyh koefficientov k normam rashoda topliva* [Procedure for applying correction factors to fuel consumption rates] / Dohod Rashod. URL: <http://buhgalter2011-afrika.blogspot.co.ke/2013/08/> (data obrashhenija: 24.08.2017).
7. Kuznecov, A.P. Boldin, V.M. Vlasov i dr. *Tehnicheskaja jekspluatacija avtomobilej* [Technical operation of the vehicles] / 4-e izd., pererab. i dop. Moskva: Nauka, 2004. 535 s.
8. Govorushhenko N.Ja. *Tehnicheskaja jekspluatacija avtomobilej* [Technical operation of the vehicles]. Har'kov: Vishha shkola. Izd-vo pri Har'k. un-te, 1984. 312 s.
9. Chudakov E.A. *Kachenie avtomobil'nogo kola* [Automotive wheel rolling]. Moskva: Mashgiz, 1947.
10. Govorushhenko N. Ja. *Teoreticheskie osnovy jekspluatacionnyh raschetov dvizhenija avtomobilej na dorogah s razlichnoj stepen'ju rovnosti* [Theoretical bases of operational calculations of movement of cars on roads with a various degree of an evenness] / Dis. ... d-r tehn. nauk. Har'kov: HADI, 1964. 348 s.
11. Rotenberg R.V. *Podveska avtomobilja. Kolebanija i pлавnost' hoda* [Car suspension. Fluctuations and smooth running]. Moskva: Mashinostroenie, 1972. 392 s.
12. Podrigalo M.A., Volkov V.P., Boboshko A.A., Pavlenko V.A. i dr. *Dinamika avtomobilja* [Dynamics of the car]. Har'kov: HNADU, 2008. 426 s.
13. Klec D.M. *Opređenje normal'nih reakcij na perednih i zadnih kolesah avtomobilja pri dvizhenii po nerovnoj doroge* [Determination of normal reactions at front and rear wheels during driving on uneven road surface]. *Vestnik HNADU*, Har'kov: HNADU, 2013, Vyp. 61-62. S. 195-199.
14. Govorushhenko N.Ja. *Jekonomija topliva i snizhenie toksichnosti na avtomobil'nom transporte* [Fuel economy and toxicity reduction in road transport]. Moskva: Transport, 1990. 135 s.
15. Govorushhenko N.Ja., Krivoschapov S.I. *Novaja metodika normirovanija rashoda topliva transportnyh mashin (metod chetyreh KPD)* [A new method of rationing fuel consumption of transport vehicles (the method of four efficiency)]. *Avtomobil'nyj transport*. Har'kov: HNADU, 2004, № 15. C. 31-34.
16. Govorushhenko N.Ja., Turenko A.N. *Sistemotekhnika transporta (na primere avtomobil'nogo transporta)* [System engineering of transport (on the example of road transport)]. Har'kov: RIO HGADTU, 1999. 468 s.
17. Krivoschapov S.I. *Osobennosti normirovanija rashoda topliva v slozhnyh dorozhnyh uslovijah jekspluatacii mashin* [Features of rationing of fuel consumption in difficult road conditions of machine operation]. *Visnik NTU «HPI»*. Karkiv, NTU «HPI», 2015, № 10 (1119). S. 115-121.

Поступила (received) 14.02.2018

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Кривошапов Сергей Иванович (Кривошапов Сергей Иванович, Krivoschapov Sergey Ivanovich) – кандидат технічних наук, доцент, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, доцент кафедри «Технічної експлуатації і сервісу автомобілів ім. проф. Говорущенко М.Я.», м. Харків, Україна; тел.: +38(057) 707-37-68; e mail: tesa@khadi.kharkov.ua.